

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



(19)

(11) Publication number:

08316781 A

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **07142672**(51) Intl. Cl.: **H03H 9/25**(22) Application date: **17.05.95**

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: **29.11.96**(84) Designated contracting
states:(71) Applicant: **SHIMIZU YASUTAKA
SANYO ELECTRIC CO LTD**(72) Inventor: **SHIMIZU YASUTAKA
NISHIKATA ATSUHIRO
TOHA SHIGETAKA**

(74) Representative:

**(54) SURFACE ACOUSTIC
WAVE ELEMENT**

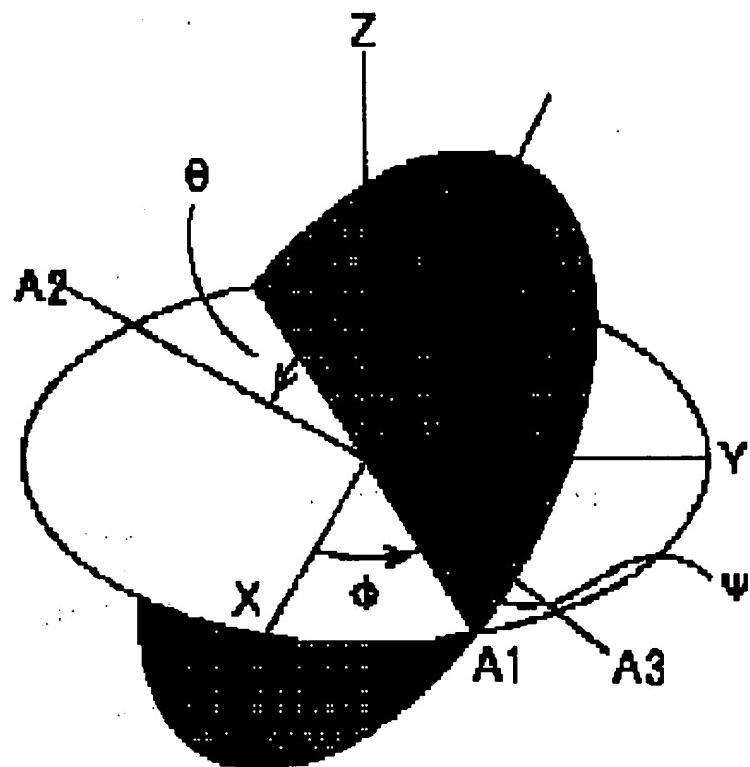
(57) Abstract:

PURPOSE: To provide the surface acoustic wave element with high performance by finding out a cut face and a surface acoustic wave propagation direction more proper than those of a conventional element in a lithium niobate substrate and a lithium tantalate substrate.

CONSTITUTION: When a cut face and a surface acoustic wave propagation direction of a piezoelectric substrate made of a lithium tantalate are selected to be (ϕ, θ, ψ) in Euler angle representation and a range substantially equivalent thereto, the angle ϕ is 90° , θ is 90° and ψ is in a range of 0 to 180° . Furthermore, when a cut face and a surface acoustic wave propagation direction of a piezoelectric substrate made of a lithium niobate are selected to be (ϕ, θ, ψ) in Euler angle

representation and a range substantially equivalent thereto, the angle ψ is 90° , θ is 90° and ψ is in a range of 0 to 180° .

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-316781

(43) 公開日 平成8年(1996)11月29日

(51) Int.Cl.⁶
H 03 H 9/25

識別記号
7259-5 J

F I
H 03 H 9/25

技術表示箇所
C

審査請求 未請求 請求項の数6 FD (全6頁)

(21) 出願番号 特願平7-142672

(22) 出願日 平成7年(1995)5月17日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成6年11月28日～
11月30日 超音波シンポジウム運営委員会主催の「第15
回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンボ
ジウム」において文書をもって発表

(71) 出願人 595065758

清水 康敬

東京都世田谷区梅丘3丁目1番10号

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 清水 康敬

東京都世田谷区梅丘3丁目1番10号

(72) 発明者 西方 敦博

埼玉県新座市栄5丁目10番3号

(72) 発明者 畠波 茂孝

東京都目黒区平町2丁目17番9号

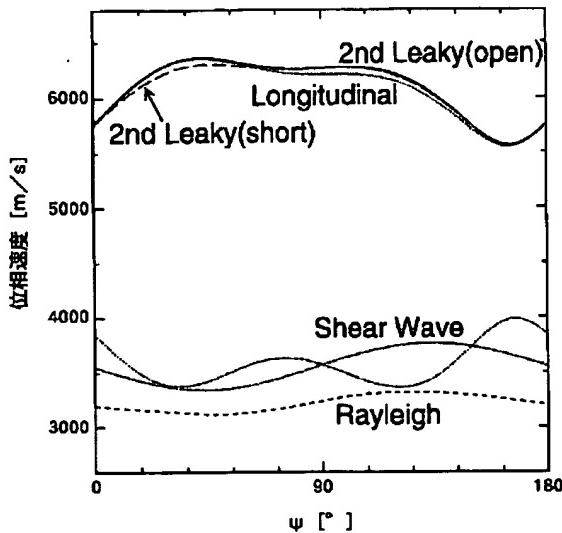
(74) 代理人 弁理士 西岡 伸泰

(54) 【発明の名称】 弾性表面波素子

(57) 【要約】

【目的】 ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板において、従来よりも適切なカット面及び弾性表面波伝搬方向を見出し、これによって高性能の弾性表面波素子を提供する。

【構成】 タンタル酸リチウムからなる圧電基板については、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(ϕ , θ , ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を 90° 、 θ を 90° 、 ψ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲に設定する。又、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板については、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(ϕ , θ , ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を 90° 、 θ を 90° 、 ψ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲に設定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に、弾性表面波を伝搬させるための電極を形成した弾性表面波素子に於いて、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(ϕ , θ , ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲、 θ を 90° 、 ψ を 0° に設定したことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項2】 ϕ は、 20° 、 40° 、 80° 、 100° 、 140° 、又は 160° に設定される請求項1に記載の弾性表面波素子。

【請求項3】 タンタル酸リチウムからなる圧電基板上に、弾性表面波を伝搬させるための電極を形成した弾性表面波素子に於いて、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(ϕ , θ , ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を 90° 、 θ を 90° 、 ψ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲に設定したことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項4】 ψ は、 31° 又は 164° に設定される請求項3に記載の弾性表面波素子。

【請求項5】 ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に、弾性表面波を伝搬させるための電極を形成した弾性表面波素子に於いて、該圧電基板のカット面及び弾性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(ϕ , θ , ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を 90° 、 θ を 90° 、 ψ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲に設定したことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項6】 ψ は、 37° 又は 164° に設定される請求項5に記載の弾性表面波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ニオブ酸リチウム或いはタンタル酸リチウムを圧電材料とする弾性表面波素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 携帯用電話機等の通信機器においては、共振器フィルター、信号処理用遅延線等の回路素子として、弾性表面波素子が広く応用されている。弾性表面波素子は、例えば図7に示す様に、圧電性を有する基板(1)の表面に簾状の電極(2)や格子状の反射器(3)(3)を形成し、電気信号と弾性表面波の相互の変換を行なうものである。一般に、弾性表面波素子の圧電基板に於いては、電気機械結合係数が大きいこと、伝搬損失が小さいこと等が要求される。

【0003】 ところで、近年の通信機器の高周波化に伴って、ギガヘルツ帯で使用可能な弾性表面波素子へのニーズが高まっている。弾性表面波素子の中心周波数 f_0 は、弾性表面波の伝搬速度 V と電極指周期 L (=波長 λ)との関係で、次式によって表わされる。

$$[数1] f_0 = V / L$$

2

【0004】 従って、弾性表面波素子の高周波化に対応するには、より高い伝搬速度(位相速度) V が得られる圧電基板の開発が必要である。これには、ダイヤモンドの様な硬質の基板材料を用いる方法と、所謂漏洩弾性表面波を利用する方法がある。漏洩弾性表面波は、弾性体の深さ方向にエネルギーを放射しながら表面を伝搬する弾性波であって、カット面や弹性表面波伝搬方向を適切に選択することによって、伝搬損失を小さくし、更に、レイリー(Rayleigh)波よりも高い伝搬速度を実現することが可能である。

【0005】 漏洩弾性表面波を用いた弾性表面波素子としては、水晶LSSTカット、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)の 41° Y-Xカット、 64° Y-Xカット、及びタンタル酸リチウム(LiTaO₃)の 36° Y-Xカットが知られている(清水康敬「弾性表面波材料の伝搬物性と利用の現状」電子情報通信学会論文誌A Vol.J76-A, 2, pp129-137, 1993)。又、四硼酸リチウム(Li₂B₄O₇)基板においては、速い横波の位相速度を超える漏洩弾性表面波が報告されている(佐藤隆裕、阿部秀典「四硼酸リチウム基板を伝搬する縦波型リーキー波」学術振150委員会第39回研究会資料(6.6.23))。この漏洩弾性表面波の位相速度は、縦波の位相速度に近いので縦波型リーキー波と呼ばれている。更に、任意のカット面を有するニオブ酸リチウム基板を伝搬する漏洩弾性表面波については既に報告されている(清水康敬、村上享司「LiNbO₃基板漏洩弾性表面波の特性と新カット」Vol.J69-C, 10, pp1309-1318, 1986)。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来のタンタル酸リチウム基板およびニオブ酸リチウム基板で得られる位相速度は約 4000 m/s であって、更に高い位相速度のカット面が存在する可能性がある。又、伝搬損失が少なく、然も大きな電気機械結合係数が得られる最適なカット面及び弾性表面波伝搬方向については、未だ十分な研究が為されていない。本発明の目的は、ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板において、従来よりも適切なカット面及び弾性表面波伝搬方向を見出し、これによって高性能の弾性表面波素子を提供することである。

【0007】

【課題を解決する為の手段】 そこで、本発明では、ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板における漏洩弾性表面波の伝搬特性を、カット面及び弾性表面波伝搬方向を種々に変えることによって理論的に研究した。この結果、2つのタイプの漏洩弾性表面波、即ち、遅い横波と速い横波との間の位相速度を持つ第1漏洩表面波(First Leaky Wave)と、速い横波を越える位相速度を持つ第2漏洩表面波(Second Leaky Wave)を見出し、本発明の完成に至った。

【0008】 尚、弾性表面波素子の特性評価において

は、従来より知られている一般的な解法(例えば、J.J. Campbell, W.R. Jones, "A Method for Estimating Optimal Crystal Cuts and Propagation Directions for Excitation of Piezoelectric Surface Waves", IEEE transaction on Sonics and Ultrasonics, vol.SU-15, No. 4, pp209-217, (1968)参照)を採用し、コンピュータシミュレーションによって、位相速度、電気機械結合係数及び伝搬損失を算出した。そして、最適なカット面及び弹性表面波伝搬方向については、実際に弹性表面波素子を試作して、その特性を実測したところ、シミュレーション結果と符合する測定値が得られた。これによって、コンピュータシミュレーションの妥当性が裏付けられる。

【0009】本発明に係る第1の弹性表面波素子は、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に電極を形成したものであって、該圧電基板のカット面及び弹性表面波伝搬方向を、右手系のオイラー角表示で(ϕ, θ, ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲、 θ を 90° 、 ψ を 0° に設定したことを特徴とする。

【0010】より具体的には、 ϕ は、 $20^\circ, 40^\circ, 80^\circ, 100^\circ, 140^\circ, 160^\circ$ 、或いはこれら角度と実質的に等価な角度に設定される。

【0011】本発明に係る第2の弹性表面波素子は、タンタル酸リチウムからなる圧電基板上に電極を形成したものであって、該圧電基板のカット面及び弹性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(ϕ, θ, ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を 90° 、 θ を 90° 、 ψ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲に設定したことを特徴とする。

【0012】より具体的には、 ψ は、 $31^\circ, 164^\circ$ 、又はこれらの角度と実質的に等価な角度に設定される。

【0013】本発明に係る第3の弹性表面波素子は、ニオブ酸リチウムからなる圧電基板上に電極を形成したものであって、該圧電基板のカット面及び弹性表面波伝搬方向を、オイラー角表示で(ϕ, θ, ψ)及びこれと実質的に等価な範囲とするとき、 ϕ を 90° 、 θ を 90° 、 ψ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲に設定したことを特徴とする。

【0014】より具体的には、 ψ は、 $37^\circ, 164^\circ$ 、又はこれらの角度と実質的に等価な角度に設定される。

【0015】

【作用】上記第1の弹性表面波素子に於いては、ニオブ酸リチウム基板の($\phi, 90^\circ, 0^\circ$)カットにおいて、 ψ が $0^\circ \sim 180^\circ$ の全範囲に亘って、レイリー波よりも高速の第1漏洩表面波が生起される。又、表面が電気的開放の場合における第1漏洩表面波の伝搬損失は、 ϕ が、 $20^\circ, 40^\circ, 80^\circ, 100^\circ, 140^\circ$ 及び 160° 付近で略零となり、電気機械結合係数 K^2 は1

6.2%と、高い値が得られる。

【0016】上記第2弹性表面波素子に於いては、タンタル酸リチウム基板の($90^\circ, 90^\circ, \psi$)カットにおいて、 ψ が $0^\circ \sim 180^\circ$ の全範囲に亘って、レイリー波の約2倍の位相速度を有する第2漏洩表面波が生起される。又、 ψ が 31° にて、電気機械結合係数 K^2 が2.14%となり、第2漏洩表面波の伝搬損失は、表面が電気的開放及び電気的短絡の何れの場合においても、 ψ が 164° にて略零となる。

【0017】上記第3弹性表面波素子に於いては、ニオブ酸リチウム基板の($90^\circ, 90^\circ, \psi$)カットにおいて、 ψ が $0^\circ \sim 180^\circ$ の全範囲に亘って、位相速度が約 7000m/s と、極めて高速の第2漏洩表面波が生起される。又、 ψ が 37° にて、電気機械結合係数が12.9%となり、第2漏洩表面波の伝搬損失は、 ψ が 164° にて略零となる。

【0018】

【発明の効果】本発明によれば、ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板においてカット面及び弹性表面波伝搬方向が適切に設定されて、従来よりも高い位相速度が得られると共に、伝搬損失が少なく、然も大きな電気機械結合係数が得られる弹性表面波素子を提供することが出来る。

【0019】

【実施例】以下、本発明の一実施例につき、図面に沿つて詳述する。先ず、図8に基づいて、カット面及び弹性表面波伝搬方向を特定するためのオイラー角(ϕ, θ, ψ)について説明する。図示の如く結晶軸をX、Y、Zとするとき、Z軸を中心としてX軸をY軸側へ角度 ψ だけ回転させて、これをA1軸とする。次にA1軸を中心としてZ軸を反時計回りに角度 θ だけ回転させ、これをA2軸とする。このA2軸を法線としてA1軸を含む面方位でカットし、基板とする。そして、該面方位にカットした基板において、A2軸を中心としてA1軸を反時計回りに角度 ψ だけ回転させた軸をA3軸とし、このA3軸を弹性表面波伝搬方向とする。このとき、カット面及び弹性表面波伝搬方向をオイラー角(ϕ, θ, ψ)と表示するのである。

【0020】ニオブ酸リチウム基板における第1漏洩表面波

図1及び図2は、ニオブ酸リチウム基板の($\phi, 90^\circ, 0^\circ$)カットにおいて、表面が電気的開放(open)と電気的短絡(short)の両場合について、第1漏洩表面波の伝搬特性を角度 ψ の関数として表わしたものである。

【0021】図1に示す様に、第1漏洩表面波の位相速度は、表面が開放、短絡の何れの場合にも、レイリー波の位相速度よりも大きくなっている。特に、表面が開放の場合には、速い横波(Fast Shear Wave)の速度に近い値となる。但し、 0° から 180° に亘る ψ の角度範囲には、途中に解の得られない領域が存在する。これに対し

て、表面が短絡の場合は、第1漏洩表面波の速度は遅い横波(SlowShear Wave)の速度に近い値となる。

【0022】この様に、表面が開放の場合と短絡の場合の速度の差が大きく、この結果、電気機械結合係数は大きくなる。図2は、電気機械結合係数 K^2 及び1波長当たりの伝搬損失を、角度 ϕ の関数として表わしたものである。図示の如く、 $\phi = 0^\circ, 60^\circ, 120^\circ$ 及び 180° の付近で、電気機械結合係数 K^2 は最大値25.1%となっている。

【0023】一方、伝搬損失は、表面が開放の場合において、 $\phi = 20^\circ, 40^\circ, 80^\circ, 100^\circ, 140^\circ$ 及び 160° にて略零となり、電気機械結合係数 K^2 は、これらのカットにて16.2%と、大きな値となる。但し、表面が短絡の場合には伝搬損失が大きい。

【0024】タンタル酸リチウム基板における第2漏洩表面波

図3及び図4は、タンタル酸リチウム基板の($90^\circ, 90^\circ, \phi$)カットにおいて、表面が電気的開放及び電気的短絡の両場合について、第2漏洩表面波の伝搬特性を角度 ϕ の関数として表わしたものである。

【0025】図3に示す様に、第2漏洩表面波の位相速度は、表面が開放、短絡の何れの場合にも約6000m/sと、レイリー波の約2倍の高い位相速度を有し、縦波(Longitudinal)の位相速度に非常に近くなっている。

【0026】図4は、電気機械結合係数及び1波長当たりの伝搬損失を表わしている。図示の如く、 ϕ が 31° にて、電気機械結合係数 K^2 は最大値2.14%となっている。又、表面が電気的開放の場合における伝搬損失は、電気的短絡の場合における伝搬損失よりも非常に小さい。そして、表面が開放及び短絡の両場合において、伝搬損失は、 ϕ が 164° にて略零となっている。

【0027】ニオブ酸リチウム基板における第2漏洩表面波

図5及び図6は、ニオブ酸リチウム基板の($90^\circ, 90^\circ, \phi$)カットにおいて、表面が電気的開放及び電気的短絡の両場合について、第2漏洩表面波の伝搬特性を角度 ϕ の関数として表わしたものである。

【0028】図5に示す様に、第2漏洩表面波の位相速度は約7000m/sと、極めて高速であり、レイリー波の位相速度の約2倍となっている。又、第2漏洩弹性表面波の位相速度は、電気的開放の場合と電気的短絡の場合で異なる変化を示しており、 ϕ が 37° では約500m/sの違いがあり、この結果、大きな機械電気結合係数が得られる。

【0029】図6は、電気機械結合係数 K^2 及び1波長当たりの伝搬損失を、角度 ϕ の関数として表わしたものである。図示の如く、 ϕ が 37° にて、電気機械結合係数 K^2 は最大値12.9%と、大きな値となっている。

又、表面が電気的開放の場合における伝搬損失は、電気的短絡の場合における伝搬損失よりも非常に小さい。そして、表面が開放及び短絡の両場合において、伝搬損失は、 ϕ が 164° にて略零となっている。

【0030】尚、図1乃至図6に示す特性は、コンピュータシミュレーションによるものであるが、本実施例で採用した前述の特性評価手法に、例えば弹性表面波素子のモデル化に伴う多少の誤差があったとしても、その誤差は図1乃至図6のグラフの横軸方向には殆ど発生しないと考えられる。然も、本発明に係る第1漏洩表面波及び第2漏洩表面波と従来のレイリー波とを比較する上では、両者に同じ大きさの誤差が含まれるから、上述の比較結果に影響はないと言える。

【0031】上述の如く、本発明では、ニオブ酸リチウム基板及びタンタル酸リチウム基板における第1漏洩表面波及び第2漏洩表面波を理論的に研究した結果、これらの基板について夫々、最適なカット面及び弹性表面波伝搬方向を見出し、これによって、従来よりも高い周波数帯域に対応可能な弹性表面波素子を完成了。

【0032】上記実施例の説明は、本発明を説明するためのものであって、特許請求の範囲に記載の発明を限定し、或は範囲を縮減する様に解すべきではない。又、本発明の各部構成は上記実施例に限らず、特許請求の範囲に記載の技術的範囲内で種々の変形が可能であることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】($\phi, 90^\circ, 0^\circ$)カットのニオブ酸リチウム基板を有する弹性表面波素子の位相速度についての特性を表わすグラフである。

【図2】同上の電気機械結合係数及び伝搬損失についての特性を表わすグラフである。

【図3】($90^\circ, 90^\circ, \phi$)カットのタンタル酸リチウム基板を有する弹性表面波素子の位相速度についての特性を表わすグラフである。

【図4】同上の電気機械結合係数及び伝搬損失についての特性を表わすグラフである。

【図5】($90^\circ, 90^\circ, \phi$)カットのニオブ酸リチウム基板を有する弹性表面波素子の位相速度についての特性を表わすグラフである。

【図6】同上の電気機械結合係数及び伝搬損失についての特性を表わすグラフである。

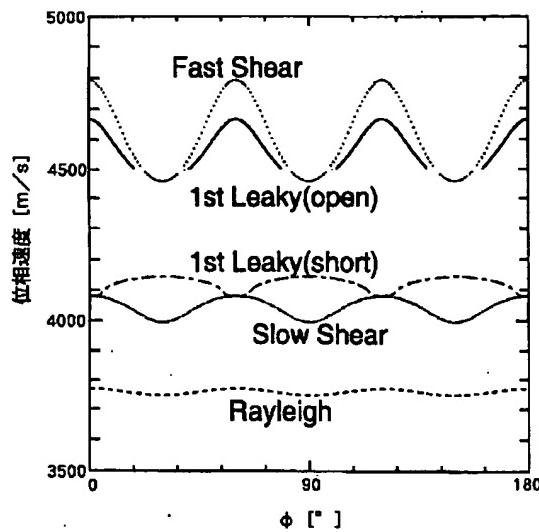
【図7】弹性表面波素子の一構成例を示す平面図である。

【図8】オイラー角表示を説明する図である。

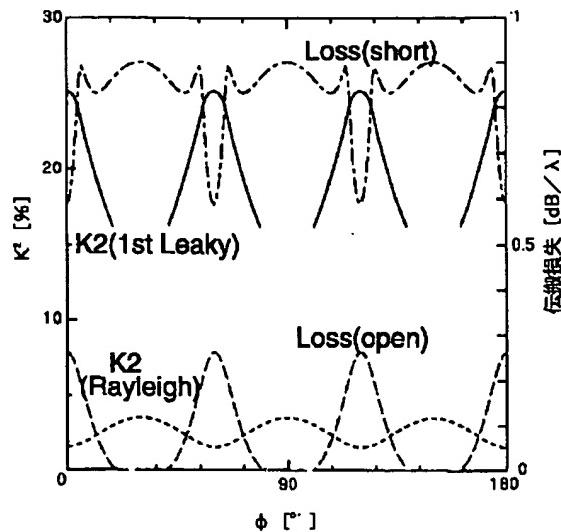
【符号の説明】

- (1) 基板
- (2) 電極
- (3) 反射器

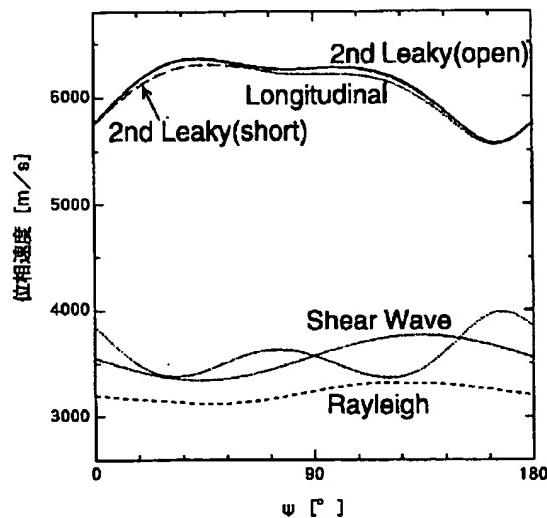
【図1】



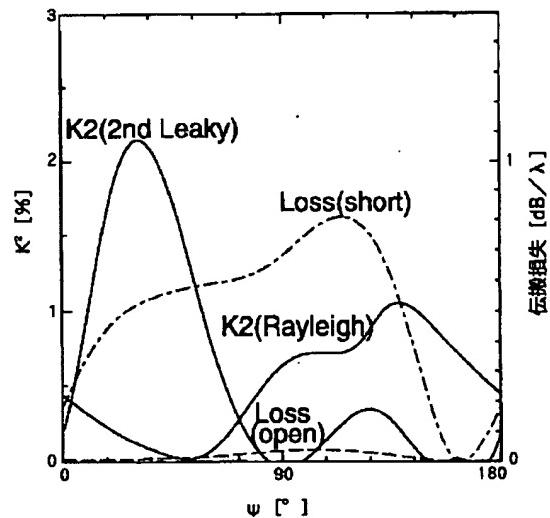
【図2】



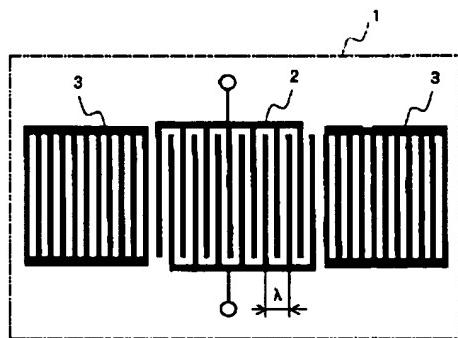
【図3】



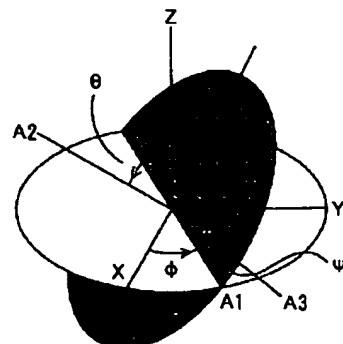
【図4】



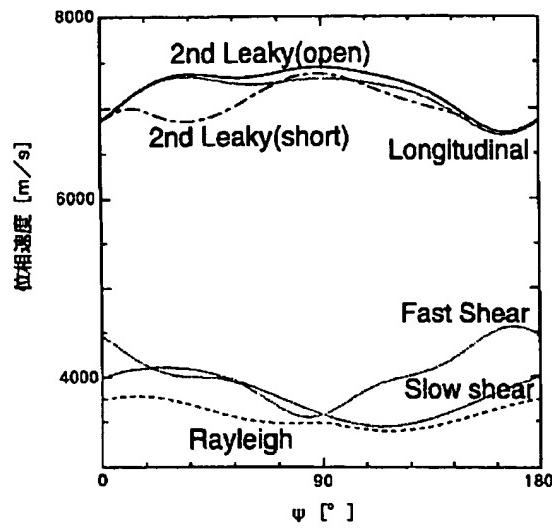
【図7】



【図8】



【図5】



【図6】

